(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2017-177172
(P2017-177172A)
(43)公開日　平成29年10月5日(2017.10.5)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
B21B 37/76	(2006.01)	B21B	37/76	BBJA	4E002
B21B 45/02	(2006.01)	B21B	45/02	320S	4E024
B21B 1/38	(2006.01)	B21B	1/38	A	
B21B 38/00	(2006.01)	B21B	38/00	B	

審査請求 未請求　請求項の数 10　ＯＬ　（全 15 頁）

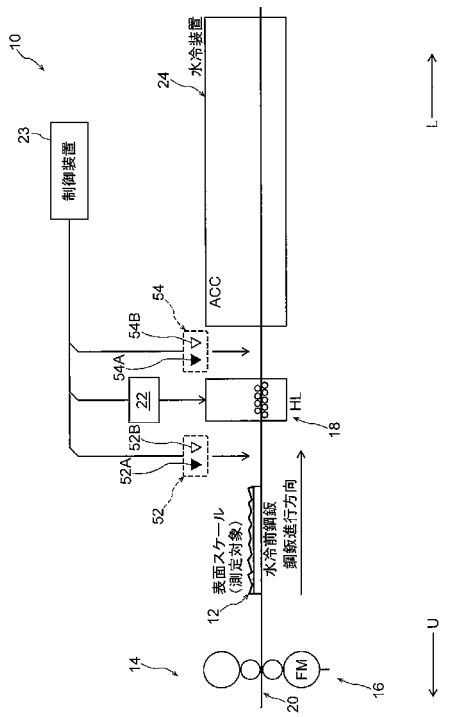
(21)出願番号　特願2016-68926(P2016-68926)
(22)出願日　平成28年3月30日(2016.3.30)

(71)出願人　000006655
新日鐵住金株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目６番１号
(74)代理人　110001519
特許業務法人太陽国際特許事務所
(72)発明者　宮▲崎▼　洪太郎
東京都千代田区丸の内二丁目６番１号　新日鐵住金株式会社内
(72)発明者　田島　純一
東京都千代田区丸の内二丁目６番１号　新日鐵住金株式会社内
(72)発明者　堤　貴昭
東京都千代田区丸の内二丁目６番１号　新日鐵住金株式会社内

Ｆターム(参考)　4E002 AD07　BD07　BD20
4E024 BB07　BB08　BB10　FF04

(54)【発明の名称】冷却制御方法及び冷却装置

(57)【要約】
【課題】本発明は、膜沸騰領域での冷却制御を精度よく行うことができる冷却制御方法及び冷却装置を提供することを目的とする。
【解決手段】熱間圧延した鋼板１２を矯正後に冷却する冷却制御方法であって、矯正後の鋼板１２を冷却水で冷却する際に、鋼板表面の沸騰形態が膜沸騰領域となる温度または熱伝達特性を、少なくとも矯正前に測定された鋼板１２のスケール厚を用いて予測し、膜沸騰領域となる温度または熱伝達特性に基づいて、熱間圧延した鋼板１２を矯正後に冷却する冷却制御方法。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
熱間圧延した鋼板を矯正後に冷却する冷却制御方法であって、
矯正後の鋼板を冷却水で冷却する際に、鋼板表面の沸騰形態が膜沸騰領域となる温度または熱伝達特性を、少なくとも矯正前に測定された鋼板のスケール厚を用いて予測し、前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性に基づいて、熱間圧延した鋼板を矯正後に冷却する冷却制御方法。
【請求項２】
請求項１に記載の冷却制御方法において、
前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性を、矯正前に測定された鋼板のスケール厚及び矯正時の圧下量を用いて予測する冷却制御方法。
【請求項３】
請求項２に記載の冷却制御方法において、
矯正前に測定された鋼板のスケール厚及び矯正時の圧下量に基づいて、あらかじめ求めた対応関係を用いて、矯正後のスケール厚を予測値として求め、
前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性を、前記予測値を用いて予測する冷却制御方法。
【請求項４】
請求項３に記載の冷却制御方法において、
矯正前に測定された鋼板のスケール厚及び矯正時の圧下量に基づいて、あらかじめ求めた対応関係を用いて、矯正後のスケール厚を予測値として求め、矯正後に測定した鋼板のスケール厚の測定値と前記予測値との差が、予め定めた規定範囲内であるか否に応じて、矯正前に測定された鋼板のスケール厚及び矯正時の圧下量と、矯正後のスケール厚の予測値との対応関係を修正し、
前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性を、前記あらかじめ求めた対応関係または修正された対応関係を用いて求めた、前記予測値を用いて予測する冷却制御方法。
【請求項５】
請求項１から請求項４のいずれか１項に記載の冷却制御方法において、
前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性を、矯正後に測定された鋼板のスケール厚を用いて予測し、前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性に基づいて、熱間圧延した鋼板を矯正後に冷却する冷却制御が可能か否かを、鋼板の搬送速度に基づいて判断し、
この判断結果が否定の場合、前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性を、少なくとも矯正前に測定された鋼板のスケール厚を用いて予測し、
前記判断結果が肯定の場合、前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性を、矯正後に測定された鋼板のスケール厚を用いて予測し、前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性に基づいて熱間圧延した鋼板を矯正後に冷却する冷却制御方法。
【請求項６】
熱間圧延した鋼板を矯正後に冷却する冷却装置であって、
矯正後の鋼板を冷却水で冷却する冷却手段と、
矯正前の鋼板のスケール厚を測定する矯正前スケール測定手段と、
鋼板表面の沸騰形態が膜沸騰領域となる温度または熱伝達特性を予測する冷却予測手段と、
矯正後の鋼板を冷却水で冷却制御する冷却制御手段と、を備え、
矯正前の鋼板のスケール厚を前記矯正前スケール測定手段で測定し、
矯正後の鋼板を冷却水で冷却する際に、鋼板表面の沸騰形態が膜沸騰領域となる温度または熱伝達特性を、少なくとも矯正前に測定された鋼板のスケール厚を用いて前記冷却予測手段で予測し、
前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性に基づいて、前記冷却制御手段を用いて冷却制御し、前記冷却手段により冷却を行う冷却装置。

【請求項７】
請求項６に記載の冷却装置において、
熱間圧延した鋼板を矯正するときの圧下量を矯正前に取得する圧下量取得手段を備え、
前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性を、矯正前に測定された鋼板のスケール厚及び矯正するときの圧下量を用いて前記冷却予測手段で予測する冷却装置。
【請求項８】
請求項７に記載の冷却装置において、
矯正前に測定された鋼板のスケール厚及び矯正時の圧下量に基づいて、あらかじめ求めた対応関係を用いて、矯正後のスケール厚を予測値として求め、
前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性を、前記予測値を用いて前記冷却予測手段で予測する冷却装置。
【請求項９】
請求項８に記載の冷却装置において、
矯正前に測定された鋼板のスケール厚及び矯正時の圧下量に基づいて、あらかじめ求めた対応関係を用いて、矯正後のスケール厚を予測値として求め、
矯正後に測定した鋼板のスケール厚の測定値と前記予測値との差が、予め定めた規定範囲内であるか否に応じて、矯正前に測定された鋼板のスケール厚及び矯正時の圧下量と、矯正後のスケール厚の予測値との対応関係を修正し、
前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性を、前記あらかじめ求めた対応関係または修正された対応関係を用いて求めた、前記予測値を用いて前記冷却予測手段で予測する冷却装置。
【請求項１０】
請求項６から請求項９のいずれか１項に記載の冷却装置において、
矯正後の鋼板のスケール厚を測定する矯正後スケール測定手段と、
前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性を、矯正後に測定された鋼板のスケール厚を用いて予測し、前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性に基づいて、熱間圧延した鋼板を矯正後に冷却する冷却制御が可能か否かを、鋼板の搬送速度に基づいて判断する冷却制御判断手段と、を備え、
該冷却制御判断手段による判断結果が否定の場合、前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性を、少なくとも矯正前に測定された鋼板のスケール厚を用いて前記冷却予測手段で予測し、
前記判断結果が肯定の場合、前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性を、矯正後に測定された鋼板のスケール厚を用いて前記冷却予測手段で予測し、前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性に基づいて、前記冷却制御手段を用いて冷却制御し、前記冷却手段により冷却を行う冷却装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、鋼板を冷却する際の冷却制御方法及び冷却装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
厚板鋼板の製造では、熱間圧延後、鋼板の冷却速度や冷却終了温度を制御する所謂制御冷却を行って材質の作り込みをしている。この制御冷却において、冷却速度及び冷却終了温度を正確に制御するために、水冷却における熱伝達率の予測の研究が多数なされている。
【０００３】
すなわち、鋼板を冷却水で冷却する際の鋼板表面の沸騰形態は、鋼板表面温度により核沸騰領域と遷移沸騰領域と膜沸騰領域とに分類され、各領域では熱伝達率が異なる。核沸騰領域及び膜沸騰領域では、鋼板表面温度による熱伝達率の変化はなだらかでほぼ一定とみなせ、安定した制御が可能である。一方、遷移沸騰領域では、鋼板表面温度が低くなる

につれて熱伝達率が高くなる。このため、鋼板の冷却が進行する程、熱伝達率が高くなるので冷却制御が不安定になる。

【０００４】

そして、この膜沸騰領域の下限界温度は、スケール厚と関係があることが知られている。スケール厚が厚い程、膜沸騰領域の下限界温度は高くなる。また、スケール厚が薄い程、膜沸騰領域の下限界温度は低くなり、安定的な冷却が可能な膜沸騰領域が広がる。これらは特許文献１に示されている。

【０００５】

そこで、熱間圧延後の熱間矯正装置の下流でスケール厚を計測し、スケール厚の計測結果に基づいて、デスケーリングをしてスケール厚を薄くして制御冷却を行う冷却方法が知られている（特許文献２）。この冷却方法では、スケール厚を薄くして膜沸騰領域の下限界温度を下げ、膜沸騰領域を広げて厚板鋼板を制御冷却することで、安定的な冷却を行うものである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００６】

【特許文献１】特開平０９－１１８９３５号公報

【特許文献２】特開２００１－３００６２７号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

デスケーリングにより膜沸騰領域を広げて制御冷却する方法では、スケール厚計測装置と制御冷却装置との間にデスケーリング装置を設置しなければならない。

【０００８】

また、前述した特許文献１には、加熱条件からスケール厚を予測し、鋼板を冷却する際の熱伝達率を予測する技術が示されており、精度の高い熱伝達率を用いることで、鋼板の冷却速度や冷却終了温度の的中精度を高めることができる。しかし、加熱条件からスケール厚を予測しているため、圧延条件などの変化によりスケール厚が正確に予測できない場合、熱伝達率の予測精度が低くなり、精度の高い冷却を提供できない場合がある。

【０００９】

本発明は、膜沸騰領域での冷却制御を精度よく行うことができる冷却制御方法及び冷却装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【００１０】

本発明の第一態様によれば、熱間圧延した鋼板を矯正後に冷却する冷却制御方法であって、矯正後の鋼板を冷却水で冷却する際に、鋼板表面の沸騰形態が膜沸騰領域となる温度または熱伝達特性を、少なくとも矯正前に測定された鋼板のスケール厚を用いて予測し、前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性に基づいて、熱間圧延した鋼板を矯正後に冷却する。

【００１１】

本発明の第二態様によれば、第一態様に記載の冷却制御方法において、前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性を、矯正前に測定された鋼板のスケール厚及び矯正時の圧下量を用いて予測する。

【００１２】

本発明の第三態様によれば、第二態様に記載の冷却制御方法において、矯正前に測定された鋼板のスケール厚及び矯正時の圧下量に基づいて、あらかじめ求めた対応関係を用いて、矯正後のスケール厚を予測値として求め、前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性を、前記予測値を用いて予測する。

【００１３】

本発明の第四態様によれば、第三態様に記載の冷却制御方法において、矯正前に測定さ

れた鋼板のスケール厚及び矯正時の圧下量に基づいて、あらかじめ求めた対応関係を用いて、矯正後のスケール厚を予測値として求め、矯正後に測定した鋼板のスケール厚の測定値と前記予測値との差が、予め定めた規定範囲内であるか否に応じて、矯正前に測定された鋼板のスケール厚及び矯正時の圧下量と、矯正後のスケール厚の予測値との対応関係を修正し、前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性を、前記あらかじめ求めた対応関係または修正された対応関係を用いて求めた、前記予測値を用いて予測する。

【００１４】

本発明の第五態様によれば、第一態様から第四態様のいずれかに記載の冷却制御方法において、前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性を、矯正後に測定された鋼板のスケール厚を用いて予測し、前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性に基づいて、熱間圧延した鋼板を矯正後に冷却する冷却制御が可能か否かを、鋼板の搬送速度に基づいて判断し、この判断結果が否定の場合、前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性を、少なくとも矯正前に測定された鋼板のスケール厚を用いて予測し、前記判断結果が肯定の場合、前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性を、矯正後に測定された鋼板のスケール厚を用いて予測し、前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性に基づいて熱間圧延した鋼板を矯正後に冷却する。

【００１５】

本発明の第六態様によれば、熱間圧延した鋼板を矯正後に冷却する冷却装置であって、矯正後の鋼板を冷却水で冷却する冷却手段と、矯正前の鋼板のスケール厚を測定する矯正前スケール測定手段と、鋼板表面の沸騰形態が膜沸騰領域となる温度または熱伝達特性を予測する冷却予測手段と、矯正後の鋼板を冷却水で冷却制御する冷却制御手段と、を備え、矯正前の鋼板のスケール厚を前記矯正前スケール測定手段で測定し、矯正後の鋼板を冷却水で冷却する際に、鋼板表面の沸騰形態が膜沸騰領域となる温度または熱伝達特性を、少なくとも矯正前に測定された鋼板のスケール厚を用いて前記冷却予測手段で予測し、前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性に基づいて、前記冷却制御手段を用いて冷却制御し、前記冷却手段により冷却を行う。

【００１６】

本発明の第七態様によれば、第六態様に記載の冷却装置において、熱間圧延した鋼板を矯正するときの圧下量を矯正前に取得する圧下量取得手段を備え、前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性を、矯正前に測定された鋼板のスケール厚及び矯正するときの圧下量を用いて前記冷却予測手段で予測する。

【００１７】

本発明の第八態様によれば、第七態様に記載の冷却装置において、矯正前に測定された鋼板のスケール厚及び矯正時の圧下量に基づいて、あらかじめ求めた対応関係を用いて、矯正後のスケール厚を予測値として求め、前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性を、前記予測値を用いて前記冷却予測手段で予測する。

【００１８】

本発明の第九態様によれば、第八態様に記載の冷却装置において、矯正前に測定された鋼板のスケール厚及び矯正時の圧下量に基づいて、あらかじめ求めた対応関係を用いて、矯正後のスケール厚を予測値として求め、矯正後に測定した鋼板のスケール厚の測定値と前記予測値との差が、予め定めた規定範囲内であるか否に応じて、矯正前に測定された鋼板のスケール厚及び矯正時の圧下量と、矯正後のスケール厚の予測値との対応関係を修正し、前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性を、前記あらかじめ求めた対応関係または修正された対応関係を用いて求めた、前記予測値を用いて前記冷却予測手段で予測する。

【００１９】

本発明の第十態様によれば、第六態様から第九態様のいずれかに記載の冷却装置において、矯正後の鋼板のスケール厚を測定する矯正後スケール測定手段と、前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性を、矯正後に測定された鋼板のスケール厚を用いて予測し、前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性に基づいて、熱間圧延した鋼板を矯正

後に冷却する冷却制御が可能か否かを、鋼板の搬送速度に基づいて判断する冷却制御判断手段と、を備え、該冷却制御判断手段による判断結果が否定の場合、前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性を、少なくとも矯正前に測定された鋼板のスケール厚を用いて前記冷却予測手段で予測し、前記判断結果が肯定の場合、前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性を、矯正後に測定された鋼板のスケール厚を用いて前記冷却予測手段で予測し、前記膜沸騰領域となる温度または前記熱伝達特性に基づいて、前記冷却制御手段を用いて冷却制御し、前記冷却手段により冷却を行う。

【発明の効果】

【００２０】

本発明により、膜沸騰領域での冷却制御を精度よく行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【００２１】

【図１】本実施形態に係る冷却装置を含む設備を示す側面図である。

【図２】鋼板の通過位置と計算タイミングとの関係を示す説明図である。

【図３】矯正前スケール計の測定値と矯正後スケール計の測定値との関係を示す線図である。

【図４】（Ａ）は、冷却時のスケール厚と遷移沸騰突入温度との関係を示す線図であり、（Ｂ）は、鋼板の表面温度と熱伝達率との関係を示す図である。

【図５】搬送速度を求める工程を模式的に示した説明図である。

【図６】本実施形態の動作を示すフローチャートである。

【図７】本実施形態と比較例との比較を示す表である。

【発明を実施するための形態】

【００２２】

以下、本発明の一実施形態を図面に従って説明する。図１は、本実施形態に係る冷却制御方法が実施される冷却装置１０を示す図であり、鋼板１２の搬送方向の上流側Ｕには、鋼板１２を熱間圧延するための圧延装置１４が設けられている。

【００２３】

この圧延装置１４には、下流側Ｌに仕上げ圧延機（ＦＭ）１６が設けられており、圧延装置１４の下流側Ｌには、矯正装置（ＨＬ）１８が設けられている。これにより、搬送路２０に沿って搬送される鋼板１２を、圧延装置１４の仕上げ圧延機１６で仕上げ圧延した後、鋼板１２に発生した歪等を矯正装置１８で矯正するように構成されている。

【００２４】

この矯正装置１８には、入力装置２２が接続されており、制御装置２３又はオペレータが、矯正する鋼板１２の板厚等の鋼板情報や、過去の製造実績値より作成されたデータテーブルから矯正装置１８での圧下量を定め、設定値として入力装置２２に入力する。これにより、矯正装置１８は、入力装置２２からの設定値に応じた圧下量で鋼板１２を圧下して矯正するように構成されている。この入力装置２２は、プロセスコンピュータで構成された制御装置２３に接続されており、制御装置２３は圧下量を示す設定値及び実績値を取得するように構成されている。

【００２５】

矯正装置１８の下流側Ｌには、ハードウエアとしての冷却手段の一例である加速冷却装置（ＡＣＣ）２４が設けられており、熱間圧延された鋼板１２を矯正機１８による矯正後に冷却水で冷却する。加速冷却装置２４では、鋼板１２の表面及び裏面に冷却水を噴射して冷却できるように構成されている。

【００２６】

この加速冷却装置２４は、搬送ローラを回転駆動する駆動装置を備えており（図示省略）、駆動装置は、前述した制御装置２３に接続されている。この駆動装置は、制御装置２３からの指令に従って搬送ローラの回転速度を制御するように構成されており、搬送ローラで搬送される鋼板１２の搬送速度を制御する。

【００２７】

図２の下段には、加速冷却装置２４を含む設備が示されており、各所に設けられたセンサー類及びその位置が示されている。

【００２８】

鋼板１２の温度を測定するセンサーについて説明すると、圧延装置１４の下流側Ｌに第１出側温度計３４が設けられており、搬送路２０に沿って搬送される圧延直後の鋼板１２の表面温度を測定する。

【００２９】

矯正装置１８の上流側Ｕの近傍には、矯正前温度計３６が設けられており、矯正装置１８で矯正される前の鋼板１２の表面温度を測定する。

【００３０】

加速冷却装置２４の上流側Ｕの近傍には、入側温度計３８が設けられており、加速冷却装置２４で冷却される直前の鋼板１２の表面温度を測定する。

【００３１】

加速冷却装置２４内には、当該加速冷却装置２４内を通過する鋼板１２の表面温度を上流寄りの部位で測定する上流側中間温度計４０と、下流寄りの部位で測定する下流側中間温度計４２とが設けられており、鋼板１２の冷却過程を観測できるように構成されている。

【００３２】

加速冷却装置２４の下流側Ｌの近傍には、第２出側温度計４４が設けられており、この第２出側温度計４４は、加速冷却装置２４で冷却された鋼板１２の表面における温度分布を検出するサーモトレーサで構成されている。これにより、鋼板表面の各所の温度を細かく分析できるように構成されている。

【００３３】

そして、この第２出側温度計４４の下流側Ｌには、復熱温度計４６が設けられており、冷却後の鋼板内部からの熱による表面温度の変化を測定できるように構成されている。

【００３４】

各温度計３４～４６は、前述の制御装置２３に接続されており、制御装置２３において、各所での鋼板１２の温度を把握できるように構成されている。

【００３５】

第１出側温度計３４の下流側Ｌには、第１位置センサー４８が予め定められた位置に設けられており、当該第１位置センサー４８が設けられた搬送路２０の位置を鋼板１２が通過した際に、これを検出する。矯正前温度計３６と矯正装置１８との間には、第２位置センサー５０が予め定められた位置に設けられており、当該第２位置センサー５０が設けられた搬送路２０の位置を鋼板１２が通過した際に、これを検出できるように構成されている。

【００３６】

第１位置センサー４８及び第２位置センサー５０は、前述した制御装置２３に接続されており、制御装置２３において、鋼板１２の搬送位置を把握できるように構成されている。また、制御装置２３では、同一の鋼板１２が第１位置センサー４８で検出されてから第２位置センサー５０で検出されるまでの時間より、搬送路２０に沿って搬送される鋼板１２の搬送速度を検出できるように構成されている。これにより、予め定められた搬送速度で鋼板１２が搬送されていることを確認することができる。

【００３７】

矯正装置１８の上流側Ｕの直前位置であって第２位置センサー５０より下流側Ｌには、図１にも示したように、ハードウエアとしての矯正前スケール測定手段の一例である矯正前スケール測定装置５２が設けられている。矯正前スケール測定装置５２は、加熱により鋼板１２の表面に生じる酸化物の被膜であるスケールの厚み寸法（以下スケール厚とする）を矯正前に測定できるように構成されている。

【００３８】

この矯正前スケール測定装置５２は、図１に示したように、計測値がスケールの影響を

受け易い非接触型温度計である長波長温度計５２Ａと、計測値がスケールの影響を受け難い非接触型温度計である短波長温度計５２Ｂと、によって構成されている。両温度計５２Ａ、５２Ｂは、前述の制御装置２３に接続されており、制御装置２３に記憶されたデータベースを用いることで、長波長温度計５２Ａの計測値と短波長温度計５２Ｂの計測値との差からスケール厚を取得できるように構成されている。

【００３９】

矯正装置１８の下流側Ｌには、ハードウエアとしての矯正後スケール測定手段の一例である矯正後スケール測定装置５４が設けられており、この矯正後スケール測定装置５４も、矯正前スケール測定装置５２と同様に、長波長温度計５４Ａと短波長温度計５４Ｂとによって構成されている。両温度計５４Ａ、５４Ｂは、前述の制御装置２３に接続されており、前述のデータベースを用いることで、矯正後の鋼板１２のスケール厚を取得できるように構成されている。

【００４０】

制御装置２３には、図３に示すように、矯正前のスケール厚と矯正後のスケール厚との対応関係５６が記憶されている。この対応関係５６は、過去に矯正した複数の鋼板１２において、矯正前に測定されたスケール厚と、矯正後に測定されたスケール厚との関係を蓄積して得たものであり、矯正前のスケール厚から矯正後のスケール厚を予測する為の対応関係５６を示す。

【００４１】

この対応関係５６には、矯正時の圧下量の影響も加味されている。すなわち、矯正前のスケール厚と矯正後のスケール厚とは通常比例関係にある。しかし、矯正時の圧下量が大きくなると矯正前のスケール厚が厚い領域では、スケールが割れて剥がれ落ちる所謂スケール割が生ずる。このため、この対応関係５６では、矯正前のスケール厚と矯正後のスケール厚との関係が圧下量に応じて修正されている。

【００４２】

制御装置２３に記憶された対応関係５６としては、矯正前のスケール厚と矯正後のスケール厚との関係を示すデータベースや、矯正前のスケール厚から矯正後のスケール厚を算出するための演算式が挙げられる。

【００４３】

また、制御装置２３には、図４（Ａ）に示すように、鋼板１２を冷却水で冷却する際に、鋼板表面の沸騰形態が膜沸騰領域から遷移沸騰領域へ移行する、遷移沸騰突入温度（Ｔｍ）を求めるためのスケール特性５８が記憶されている。この遷移沸騰突入温度より高温の領域は膜沸騰領域を示し、遷移沸騰突入温度に基づいて膜沸騰領域である温度を判断できる。

【００４４】

このスケール特性５８は、冷却時のスケール厚と遷移沸騰突入温度との関係を示すものである。このスケール特性５８は、過去に冷却した複数の鋼板１２において、冷却時のスケール厚と遷移沸騰突入温度との関係を蓄積して得たものであり、冷却時のスケール厚から遷移沸騰突入温度を予測する為の特性である。

そして、冷却時のスケール厚は、矯正後のスケール厚と考えてよく、先に述べた通り、矯正後のスケール厚は、矯正前に測定されたスケール厚を用いて求めることが出来る。

【００４５】

制御装置２３に記憶されたスケール特性５８としては、スケール厚と遷移沸騰突入温度との関係を示すデータベースや、スケール厚から遷移沸騰突入温度を算出するための演算式が挙げられる。

【００４６】

さらに、制御装置２３には、図４（Ｂ）に示すように、過去の実績から求められた熱伝達特性６０が、矯正前に測定されたスケール厚により求められる遷移沸騰突入温度に関連付けられて記憶されている。この熱伝達特性６０は、鋼板１２の表面温度と鋼板１２の熱伝達率との関係が示されており、熱伝達特性６０には、膜沸騰領域６２、遷移沸騰領域６

４及び核沸騰領域６６と、その境界とが示されている。また、各沸騰領域６２～６６において鋼板１２の表面温度に対する熱伝達率の変化が示されている。

先に述べたとおり、冷却時のスケール厚が変化することで、遷移沸騰突入温度も変化する。このため、図４（Ｂ）で、膜沸騰領域６２と遷移沸騰領域６４の境界点（図中、黒丸で表示）である遷移沸騰突入温度が、冷却時のスケール厚が変わることで変化する。また、矯正前のスケール厚により、矯正後のスケール厚を求め、冷却時のスケール厚を求めることが出来る。熱伝達特性６０では、矯正前に測定されたスケール厚により求める遷移沸騰突入温度が変化するときの、膜沸騰領域６２、遷移沸騰領域６４及び核沸騰領域６６と、その境界とが示されているデータとなっている。

【００４７】

制御装置２３に記憶された熱伝達特性６０としては、表面温度と熱伝達率との対応関係を示すデータベースや、表面温度から熱伝達率を算出するための演算式が挙げられる。

【００４８】

図５は、冷却制御方法の概要を示す図であり、本実施形態の冷却装置１０では、加速冷却装置２４を通過する鋼板１２の搬送速度を制御することで冷却制御が行われている。

【００４９】

すなわち、この加速冷却装置２４では、鋼板１２が搬送される経路長が決まっており、鋼板１２を冷却する冷却水の水温や水量密度は制御装置２３に入力される。また、冷却する鋼板１２毎に、その板厚や、冷却水による冷却を停止する狙い停止温度が定められており、この板厚や狙い停止温度は、冷却開始時の鋼板表面の冷却開始温度と共に鋼板情報として制御装置２３に入力される。

【００５０】

制御装置２３は、前述したスケール特性５８から冷却対象となる鋼板１２の遷移沸騰突入温度を求めるとともに、この遷移沸騰突入温度に対応する熱伝達特性６０を抽出して冷却モデルとして採用する。

【００５１】

この冷却モデルが採用された制御装置２３では、冷却モデルの熱伝達特性６０をシミュレーションプログラムに適用し、このシミュレーションプログラムでは、採用された冷却モデルの熱伝達特性６０を用いた計算が行われる。

【００５２】

また、制御装置２３では、初期値として適当な冷却時間を設定し、このシミュレーションプログラムで冷却終了時の鋼板１２の表面温度を予測する。シミュレーション結果と狙い停止温度とに温度差がある場合には、その温度差に応じて冷却時間を変更し、シミュレーションを再度行う。

【００５３】

シミュレーション結果と狙い停止温度の温度差が許容範囲内に収まるまで、シミュレーションプログラムによる繰り返し計算を行い、適切な冷却時間を求める。この冷却時間から当該加速冷却装置２４内での搬送速度を算出し、鋼板１２の冷却を行うように構成されている。

【００５４】

このような冷却装置１０において、精度よく膜沸騰領域６２での冷却制御が行えるように、矯正後の鋼板１２のスケール厚を計測するとともに、この計測結果に基づいて遷移沸騰突入温度や熱伝達率を予測し、鋼板１２を冷却することを試みた。

【００５５】

しかしながら、矯正後スケール測定装置５４から加速冷却装置２４までの距離は短く、スケール厚を計測してから搬送速度を求めるまでには繰り返し計算を要する。このため、鋼板１２の冷却を開始するまでに計算が完了しない場合があることが判明した。そこで、本実施形態では以下のような制御を行っている。

【００５６】

本実施形態の動作を、図６に示すフローチャートに従って説明する。なお、熱間圧延さ

れ冷却される鋼板１２は、冷却水による冷却を停止する狙い停止温度が、要求された材質に応じて鋼板１２毎に定められており、狙い停止温度は、冷却開始時の鋼板表面の冷却開始温度と共に鋼板情報として制御装置２３に入力される。

【００５７】

すなわち、制御装置２３を構成するプロセスコンピュータが予め記憶されたプログラムに従って動作を開始し、メインルーチンから冷却制御ルーチンが呼び出されると、制御装置２３は、冷却対象の鋼板１２の先端が圧延装置１４の仕上げ圧延機１６を通過するタイミングで（図２参照）、加速冷却装置２４より上流側Ｕでの鋼板１２の搬送速度を取得する（Ｓ１）。この取得する搬送速度は、圧延中に粗算出された搬送速度であるが、搬送路２０に設けられた第１位置センサー４８及び第２位置センサー５０からの入力信号の時間差から求めた搬送速度を採用することもできる。

【００５８】

この搬送速度で搬送される鋼板１２を矯正装置１８で矯正した後に加速冷却装置２４で冷却する際に、矯正後スケール測定装置５４からの矯正後のスケール厚に基づく制御方法で、冷却制御できるか否かを判断する（Ｓ２）。

【００５９】

ここで、冷却制御できるか否かは、搬送される鋼板１２の先頭部分（鋼板１２の先端から１ｍの位置）のスケール厚を、矯正後スケール測定装置５４で測定し、加速冷却装置２４内で用いる搬送速度の演算を開始してから、当該鋼板１２の先端が加速冷却装置２４に達するまでに、この演算が完了するか否かによって判断する。

【００６０】

具体的手法としては、加速冷却装置２４より上流側Ｕで用いられる搬送速度が許容速度以下の場合に冷却制御できると判断する一方、この搬送速度が許容速度を超える場合には冷却制御できないと判断する。許容速度は、次の式で算出される。

【００６１】

許容速度＝Ｌ（測定距離）／（Ｔｃ（必要計算時間）＋Ｔａ（余裕時間））

測定距離（Ｌ）：矯正後スケール測定装置５４から加速冷却装置２４まで距離

必要計算時間（Ｔｃ）：加速冷却装置２４内での搬送速度の演算に要する時間

余裕時間（Ｔａ）：粗計算やその他で考えられる誤差を考慮した時間

【００６２】

このステップＳ２において、矯正後のスケール厚に基づく制御方法で冷却制御が行えないと判断（否定判断）した際には、矯正前スケール測定装置５２から矯正前のスケール厚を取得するとともに、制御装置２３より矯正装置１８での圧下量を取得する（Ｓ３）。そして、図３に示したように予め記憶された対応関係５６を用いるとともに、取得した矯正前のスケール厚及び圧下量から矯正後のスケール厚を予測値として予測する（Ｓ４）。

【００６３】

この矯正後のスケール厚の予測値から、図４に示したスケール特性５８を利用して、冷却対象の鋼板１２の沸騰形態が膜沸騰領域から遷移沸騰領域へ移行する遷移沸騰突入温度を求める。そして、この遷移沸騰突入温度に基づいて、当該鋼板１２に適合した熱伝達特性６０を抽出し、抽出した熱伝達特性６０を冷却モデルとして採用する（Ｓ５）。

【００６４】

次に、対象となる鋼板１２の加速冷却装置２４内での搬送速度を計算し、この搬送速度で加速冷却装置２４内を搬送する（Ｓ６）。

【００６５】

この搬送速度の計算では、前述の冷却モデルを用いたシミュレーションプログラムの繰り返し計算によって、冷却中に鋼板１２の表面温度が遷移沸騰突入温度より低くならず、冷却終了時に鋼板表面温度が狙い停止温度となる冷却時間を算出する。そして、この冷却時間と加速冷却装置２４の経路長から加速冷却装置２４内での搬送速度を算出する。

【００６６】

鋼板１２を、この搬送速度で加速冷却装置２４内を搬送することで、冷却中での遷移沸

騰領域への移行を抑制しつつ、加速冷却装置２４での冷却水による冷却終了時には、鋼板１２の表面温度を狙い停止温度に近づけることができる。したがって、膜沸騰領域での冷却制御を精度よく行うことができ、冷却終了時の冷却停止温度のばらつきを低減することができる。

【００６７】

これにより、冷却された鋼板１２における材質の安定化を図ることができる。また、冷却停止温度のバラツキを補償するために、鋼板１２に予め余分に含有させている合金成分を、膜沸騰領域の下限温度を拡大して冷却することで、冷却停止温度のバラツキを少なくして、削減することができる。

【００６８】

ここで、矯正後のスケール厚に基づいて熱伝達特性を決定し冷却モデルに反映させて冷却制御を行えば、計算精度が向上する。しかし、鋼板１２の搬送速度が速い場合、矯正後のスケール厚を測定してから冷却を開始するまでの時間が短く、冷却時間を計算するために十分な時間を確保できない場合がある。

【００６９】

そこで、本実施形態では、矯正前に測定したスケール厚から矯正後のスケール厚を予測して冷却制御の計算を行うため、矯正前のスケール測定時から冷却開始までの時間を計算時間に充てることができる。これにより、鋼板１２を冷却開始する前に、冷却制御に関わる計算を完了させることが可能となる。

よって、計算時間を確保しつつ、冷却時のスケール厚による影響を加味した冷却モデルを用いることができて、高精度の冷却計算を実現できる。

【００７０】

このとき、矯正時の圧下量によって鋼板１２に形成されたスケールの状態が変化することがあり、このスケールの変化によって冷却時間の計算精度が悪化する虞がある。

【００７１】

そこで、本実施形態では、矯正前のスケール厚と矯正後のスケール厚との対応関係５６に矯正時の圧下量が加味されている。このため、矯正時の圧下による計算結果への影響を抑制することができる。

【００７２】

次に、学習処理（Ｓ７）を行った後、メインルーチンへ戻る。ここで、学習処理（Ｓ７）を行う際、冷却対象の鋼板１２は、矯正後スケール測定装置５４を通過する際に、矯正後のスケール厚が測定され、その測定値が制御装置２３に入力されている。

【００７３】

この学習処理（Ｓ７）では、前述の対応関係５６から求められた矯正後のスケール厚の予測値と、矯正後に測定された矯正後のスケール厚の測定値との差が、予め定められた規定範囲内にあるか否を判断する。

【００７４】

このとき、予測値と測定値との差が規定範囲内にない場合、その差が小さくなるように記憶した対応関係５６を修正して更新する。例えば、予測値が測定値より大きな値の場合、図３に示した対応関係５６を示す線を全体的に下方へシフトする修正を加える。また、予測値が測定値より小さな値の場合、図３に示した対応関係５６を示す線を全体的に上方へシフトする修正を加える。

【００７５】

これにより、次の鋼板１２では、矯正前のスケール厚から矯正後のスケール厚を予測する際に、修正された対応関係５６を用いることができ、予測値と測定値との差を小さくすることができる。

【００７６】

一方、予測値と測定値との差が規定範囲内にある場合、現時点で記憶されている対応関係５６は修正しない。これにより、次の鋼板１２において、矯正前のスケール厚から矯正後のスケール厚を予測する際にも、予測値と測定値との差を規定範囲内に収めることが可

能となる。

【００７７】

そして、前述したステップＳ２の判断において、矯正後のスケール厚に基づく制御方法で冷却制御が行えると判断（肯定判断）した際には、矯正後スケール測定装置５４で矯正後のスケール厚を取得するとともに、制御装置２３より矯正装置１８での圧下量を取得する（Ｓ８）。

【００７８】

この矯正後のスケール厚の実測値から、図４に示したスケール特性５８を利用して、冷却対象の鋼板１２の沸騰形態が膜沸騰領域から遷移沸騰領域へ移行する遷移沸騰突入温度を求める。そして、この遷移沸騰突入温度より、当該鋼板１２に適合した熱伝達特性６０を抽出し、抽出した熱伝達特性６０を冷却モデルとして採用する（Ｓ９）。

【００７９】

次に、対象となる鋼板１２の加速冷却装置２４内での搬送速度を前述と同様に計算し、この搬送速度で加速冷却装置２４内を搬送する。これにより、加速冷却装置２４での冷却水による冷却終了時には、鋼板１２の表面温度を狙い停止温度とすることができる（Ｓ１０）。

【００８０】

このように、矯正後のスケール厚に基づく制御方法で冷却制御が行える場合には、矯正後のスケール厚に基づいて冷却時間を求めることで、搬送速度の計算精度に寄与することができる。

【００８１】

（比較試験）

図７は、実施例と比較例との比較を示す試験結果である。

【００８２】

実施例には、加速冷却装置２４内での冷却制御を、前述したフローチャートのステップＳ３～Ｓ６に従って制御（矯正前のスケール厚を用いた制御）して、鋼板１２を冷却した際の冷却停止温度が示されている。また、比較例では、冷却時のスケール厚や矯正前のスケール厚や矯正後のスケール厚により、熱伝達特性の冷却モデルを変化させずに固定とした従来の冷却制御で、鋼板１２を冷却した際の冷却停止温度が示されている。

【００８３】

比較例では、冷却停止温度と狙い停止温度との差が－２２℃であった。これに対して、実施例では、冷却停止温度と狙い停止温度との差が＋３℃であり、比較例と比較して、冷却停止温度と狙い停止温度との差が小さくなることを確認できた。

【００８４】

なお、本実施形態では、矯正前のスケール厚と矯正時の圧下量とを用いて、膜沸騰領域となる温度や熱伝達特性６０を求めたが、これに限定されるものではなく、矯正前のスケール厚から膜沸騰領域となる温度や熱伝達特性６０を求めてもよい。

【００８５】

また、矯正前のスケール厚及び矯正時の圧下量に基づいて矯正後のスケール厚を予測値として求め、この予測値を用いて膜沸騰領域となる温度や熱伝達特性６０を求めたが、これに限定されるものではない。すなわち、矯正前のスケール厚と矯正時の圧下量、または矯正前のスケール厚のみから直接、膜沸騰領域となる温度や熱伝達特性６０を求めても良い。

【００８６】

さらに、矯正後のスケール厚を予測した予測値と矯正後のスケール厚を測定した測定値の差が規定範囲内に無い場合、矯正前のスケール厚と矯正後のスケール厚の対応関係５６を修正する学習処理（Ｓ７）を行ったが、この学習処理（Ｓ７）は省略しても良い。

【００８７】

また、矯正後のスケール厚を用いて冷却制御が可能な場合、矯正後に測定したスケール厚を用いた冷却制御（Ｓ８～Ｓ１０）を行ったが、この冷却制御（Ｓ８～Ｓ１０）は行わ

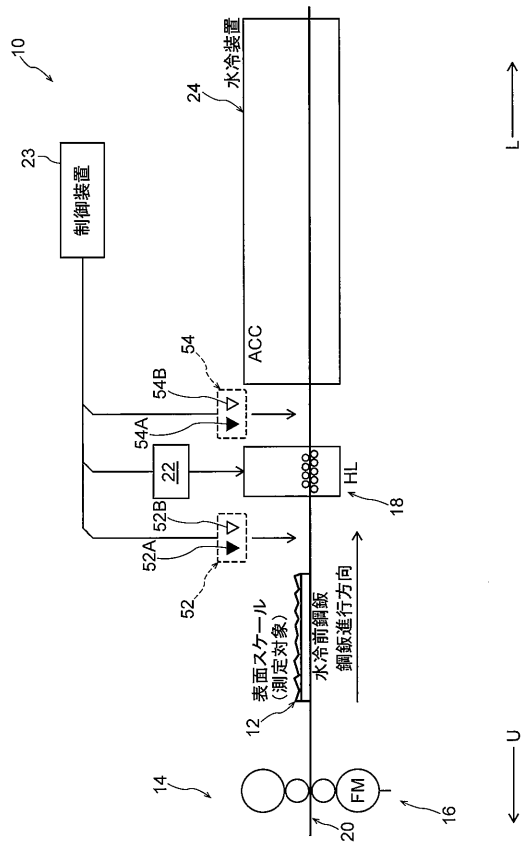
ず、矯正前のスケール厚に基づく冷却制御（Ｓ３～Ｓ６）のみを採用してもよい。

【符号の説明】

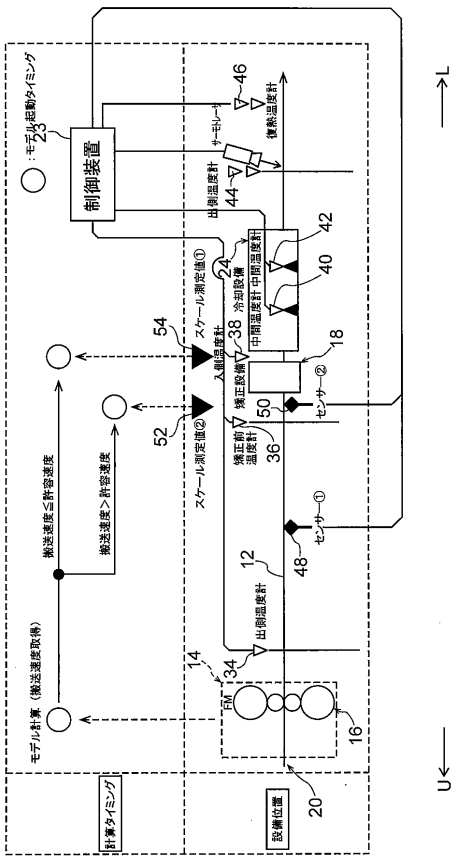
【００８８】

１０　冷却装置
１２　鋼板
１８　矯正装置
２３　制御装置
２４　加速冷却装置（冷却手段の一例）
５２　矯正前スケール測定装置（矯正前スケール測定手段の一例）
５４　矯正後スケール測定装置（矯正後スケール測定手段の一例）
５６　対応関係
６０　熱伝達特性

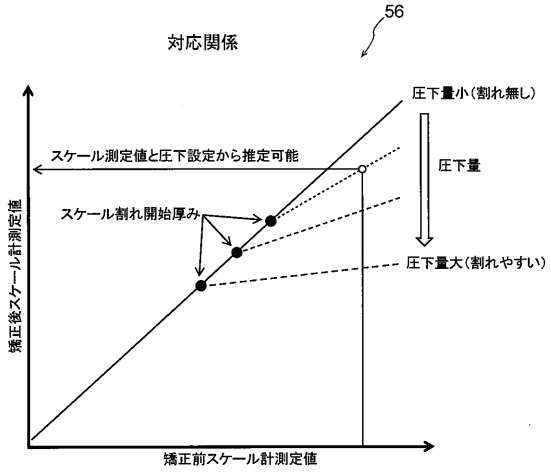
【図１】



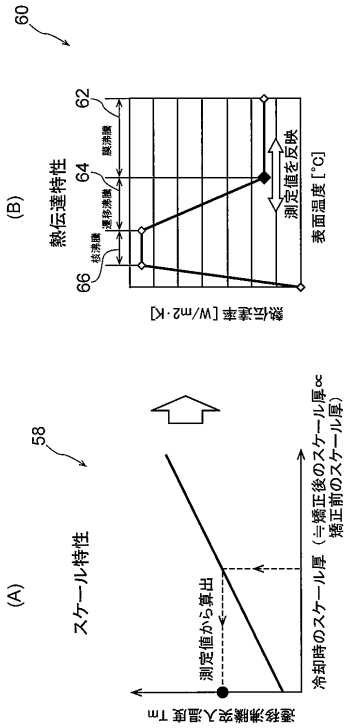
【図２】



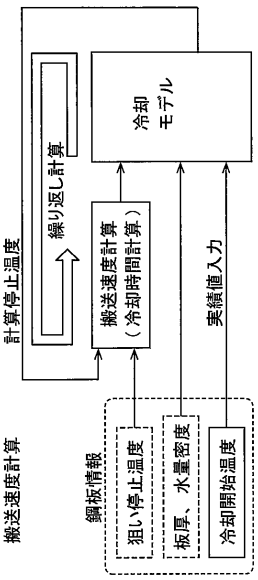
【図３】


56
対応関係
圧下量小（割れ無し）
スケール測定値と圧下設定から推定可能
圧下量
スケール割れ開始厚み
圧下量大（割れやすい）
矯正後スケール計測定値
矯正前スケール計測定値

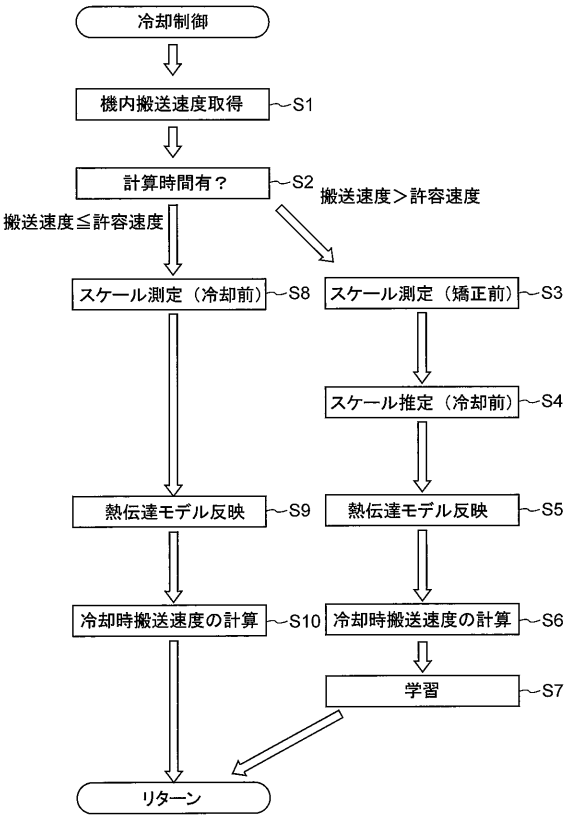
【図４】


60
(B)
熱伝達特性
62
64
66
膜沸騰
遷移沸騰
核沸騰
測定値を反映
表面温度［℃］
熱伝達率［W/m2·K］
(A)
スケール特性
58
測定値から算出
冷却時のスケール厚（≒矯正後のスケール厚∝矯正前のスケール厚）
遷移沸騰突入温度 T_B

【図５】


搬送速度計算
鋼板情報
狙い停止温度
板厚、水量密度
冷却開始温度
計算停止温度
繰り返し計算
冷却モデル
搬送速度計算（冷却時間計算）
実績値入力

【図６】


冷却制御
機内搬送速度取得
S1
計算時間有？
S2
搬送速度＞許容速度
搬送速度≦許容速度
スケール測定（冷却前）
S8
スケール測定（矯正前）
S3
スケール推定（冷却前）
S4
熱伝達モデル反映
S9
熱伝達モデル反映
S5
冷却時搬送速度の計算
S10
冷却時搬送速度の計算
S6
学習
S7
リターン

【図７】

	前提条件					実績														
	鋼板サイズ				水量	冷却開始温度				冷却停止温度				スケール測定反映制御	水量	通板速度	冷却開始温度	冷却停止温度	冷却停止温度差(実績−狙)
	板厚	板幅	板長			上限	下限	狙い		上限	下限	狙い							
	mm	mm	m		m³/分	℃	℃	℃		℃	℃	℃			m³/分	m/分	℃	℃	
実施例	80	3000	15		1.5	800	740	760		300	200	250		実施	1.5	30	758	253	3
比較例	80	3000	15		1.5	800	740	760		300	200	250		未実施	1.5	30	782	228	-22